

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ИНСТРУМЕНТА С МНОГОСЛОЙНЫМ ПОКРЫТИЕМ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ ГТД

Мигранов М.Ш., Шустер Л.Ш.

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

Механическая обработка резанием деталей ГТД требует использование современного высокопроизводительного и дорогостоящего металлорежущего оборудования, оснащенного системами числового программного и адаптивного управления, повышает требования, предъявляемые к качеству обработанной поверхности и надежности режущего инструмента. Отмечается увеличение расхода инструмента на единицу выпускаемой продукции и затрат на инструмент [1, 4], составляющих до 4...7% всех затрат на изготовление изделий. Таким образом, повышение работоспособности режущих инструментов за счет увеличения их стойкости, надежности и производительности является одним из главных факторов повышения эффективности в целом всего производства. В связи с этим актуальной задачей является создание принципиально новых инструментальных материалов, так называемых композиционных, которые обладают повышенной поверхностной износостойкостью и относительно высокой прочностью, а также вязкостью.

Режущие инструменты работают в условиях воздействия сложного комплекса факторов, например, высоких контактных напряжений и температур, а также в условиях активного протекания физико-химических процессов. При этом контактные площадки инструмента интенсивно изнашиваются в условиях абразивного воздействия инструментального материала, адгезионно-усталостных, коррозионно-окислительных и диффузионных явлений [3, 4]. Работоспособность инструмента может быть повышена за счет такого изменения поверхностных свойств, при которых контактные площадки режущего клина будут наиболее эффективно сопротивляться вышесказанным видам изнашивания и явлениям как при комнатной, так и при повышенной температурах. При этом инструментальный материал должен одновременно обладать достаточным запасом прочности при сжатии и изгибе, приложении ударных импульсов и знакопеременных напряжений. Перечисленные свойства обычно являются взаимоисключающими, и создание режущего инструмента с идеальным комплексом указанных свойств в объеме однородного тела, практически не представляется возможным, поэтому в настоящее время очень большое внимание уделяется многокомпонентным и многослойным покрытиям.

Известно [2–4], что химический состав, физико-механические и теплофизические свойства покрытий могут значительно отличаться от соответствующих свойств инструментального и обрабатываемого материалов, и как следствие многослойное покрытие следует рассматривать как своеоб-

разную «третью среду». Причем эта среда с одной стороны может заметно изменять поверхностные свойства инструментального материала, с другой – влиять на контактные процессы, деформацию, температуру и усилия резания, направленность тепловых потоков, термодинамическое напряженное состояние режущей части инструмента, проявляя эффект каждого из слоев покрытия.

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований закономерностей влияния на износостойкость инструментального материала с многослойными покрытиями в зависимости, во-первых, от их химического состава и кристаллохимического строения, во-вторых, технологии получения этих покрытий, в-третьих, при лезвийной обработке различных материалов в широком диапазоне изменения элементов режима резания.

Проведены триботехнические исследования на адгезиометре при использовании сферических инденторов из быстрорежущей стали Р6М5 без покрытия, с покрытиями (TiCr)N и (TiCr)N + эпилама – материал образцов из стали 40X (20 HRC), а также серии натурных испытаний при фрезеровании и точении. Фрезерование осуществлялось на вертикально-фрезерном станке НЕСКЕРТ сталей и сплавов 40X, 12X18H10T, ЭИ-654, ЭИ-698ВД концевыми фрезами ($d = 12$ мм, $z = 4$) марки “Carbide” (США) – твердый сплав на основе карбидов вольфрама; “Carbide” + покрытие (TiAl)N; “HSS”+ покрытие (TiCr)N (Россия) – быстрорежущая карбидосталь; M42 (Япония) – быстрорежущая сталь с содержанием 8 % Co; M42 + покрытие (TiAl)N и резцовыми фрезами ($d = 90$ мм, $z = 1$) со сменными четырехгранными твердосплавными пластинами ТТ8К6 и ТТ8К6 + покрытия TiN, (TiCr)N, (TiAl)N, (AlTi)N, (TiAlCr)N, (AlTiCr)N с различным процентным содержанием каждого из элементов покрытия, при различных режимах резания ($n = 500 \dots 900$ мин⁻¹, $S = 60 \dots 100$ мм/мин, $t = 1 \dots 3$ мм, $b = 4 \dots 10$ мм). Причем эти покрытия нанесены как различными фирмами («Бальцерс», «Caromant», “Carbide”, МКТС и другие) так и методами, в частности, после предварительного отжига импульсами, как основы, так и самого покрытия; с отдельных катодов; от сплавного катода. Точение производилось на токарном станке 16К20 сталей и сплавов – 40X, ЭИ – 654, ЖС6УВИ твердосплавными пластинами ТТ8К6 со всеми вышеперечисленными покрытиями.

При фрезеровании и точении исследовались такие эксплуатационные свойства режущего инструмента и самого процесса, как износ инструмента по задней поверхности (рис. 1), относительный линейный износ, температура и усилия резания, коэффициент усадки стружки, а также период стойкости (рис. 2) и показатели качества обработанной поверхности.

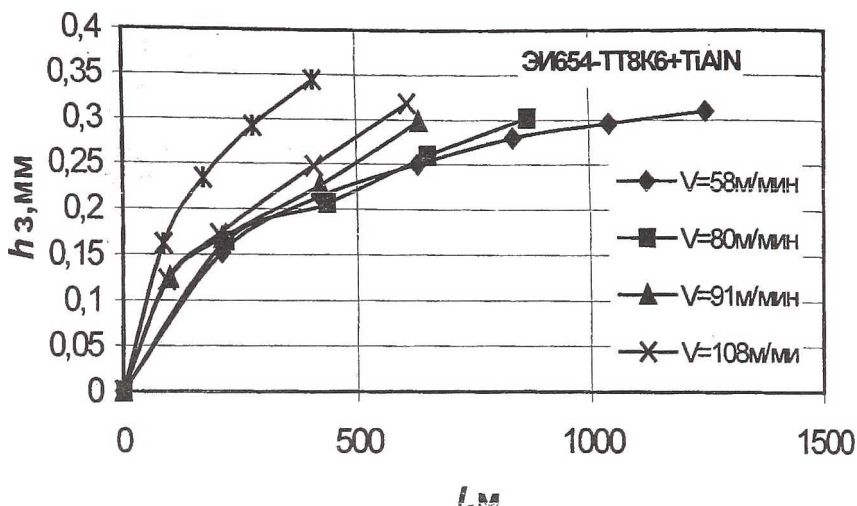


Рис. 1. Влияние длины пути резания на износ инструмента по задней поверхности при точении с различными скоростями резания

По результатам этих исследований можно сделать следующие выводы:

- применение покрытия и эпиламы существенно снижает прочность на срез адгезионных связей практически во всем исследованном диапазоне температур контакта;
- износостойкость концевых фрез в зоне низких скоростей резания в значительной мере определяет наличие хорошего покрытия. Очевидно, титано-алюминиевые покрытия по сравнению с другими показали более высокую износостойкость где-то на 30 – 45 % и при высоких режимах резания;
- износостойкость твердосплавных пластин с покрытиями при точении, в сравнении с основой в исследуемом диапазоне режимов обработки составляла в среднем на 15 – 25 % в лучшую сторону (рис. 2, 3). Лучшие показатели эксплуатационных свойств многослойных покрытий характерны для (TiAl)N, (AlTi)N, (AlTiCr)N. Видимо, это объясняется тем, что эти многослойные покрытия оказывают влияние на перераспределение теплового потока в зоне контакта и износостойкость режущего инструмента в зоне приработочного износа;
- эффективность покрытий возрастает с увеличением твердости и теплоустойчивости быстрорежущей стали. Это свидетельствует о необходимости разработки специальной термической обработки, обуславливающей повышенную твердость и теплоустойчивость, или использование комплексной обработки инструмента из быстрорежущей стали, включающей предвари-

тельную химико-термическую обработку (например, карбонитрацию или азотирование) с последующим нанесением покрытия;

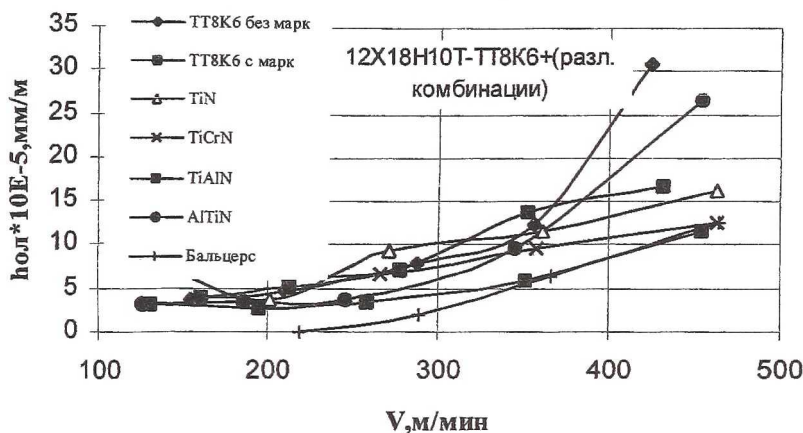


Рис. 2. Влияние скорости резания на относительный линейный износ инструмента при точении с различными покрытиями

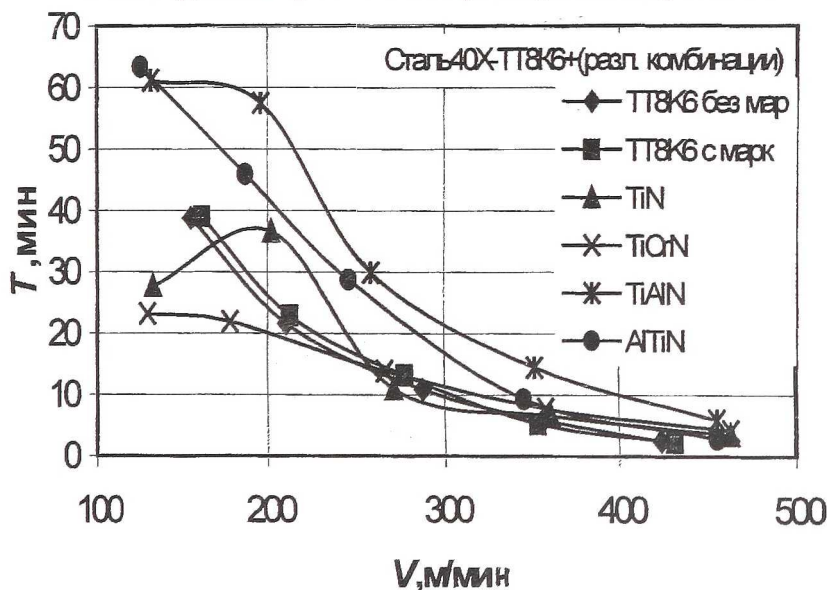


Рис. 3. Влияние скорости резания на период стойкости инструмента с различными покрытиями

- покрытие сохраняет стойкость инструментов из быстрорежущей стали после термической обработки (заковки с повышенных температур и отпуска) при температуре выше оптимальной на достаточно высоком уровне.

Это позволяет не только несколько увеличить интервалы температур закалки и отпуска, но и устранить вредное влияние прижогов, возникающих при заточке инструмента при температурах выше допустимых;

- эффективность покрытий повышается при резании на высоких скоростях, однако она может снижаться ввиду склонности быстрорежущей стали к пластическому разрушению вследствие динамической рекристаллизации.

- с ростом подачи увеличивается вероятность хрупкого разрушения покрытий;

- при скоростях активного наростообразования разница в стойкости инструмента с покрытием и без покрытия предельно уменьшается;

- покрытие принципиально не изменяет характер зависимости скорость-стойкость, однако интенсивность снижения стойкости с ростом скорости резания значительно выше для инструментов без покрытия ($m=0,15...0,2$) по сравнению с инструментами с покрытием ($m=0,25...0,3$). Последнее свидетельствует о меньшем влиянии скорости резания на стойкость инструмента вследствие снижения мощности главных тепловых источников и уменьшения уровня термомеханических нагрузок на инструмент из быстрорежущей стали при нанесении на него покрытия. Указанное также означает, что при одинаковом уровне стойкости инструменты с покрытием могут обеспечить повышение скорости резания на 20...40 % по сравнению с инструментами без покрытия.

Обобщая краткий износ механизмов изнашивания твердосплавных пластин с покрытием, можно отметить следующее:

покрытие принципиально не изменяет механизмы изнашивания твердых сплавов, сдвигая их в область более высоких скоростей резания за счет снижения уровня термомеханической напряженности зоны резания;

твердосплавные инструменты с покрытием, работающие на скоростях резания 20-100 м/мин, изнашиваются в результате адгезионных процессов. Покрытие разрушается в результате роста усталостных трещин и хрупкого отрыва, что сильно снижает их эффективность. Роль покрытия при выраженных адгезионно-усталостных процессах заключается в максимальном увеличении сопротивляемости инструментального материала усталостному разрушению в условиях схватывания. При этом покрытие должно эффективно сопротивляться трещинообразованию. В таких условиях наиболее удовлетворительно работают многослойные гетерофазные покрытия, получаемые методами ГТ и КИБ;

- на скоростях резания 100...150 м/мин эффективность покрытий на твердосплавных инструментах резко снижается из-за склонности к коррозионному растрескиванию и глубинной коррозии с образованием поверхностных очагов окисления. Такому разрушению особенно подвержены покрытия с большим количеством структурных и технологических дефектов (микротрещин, пор, структурной неоднородностью, включениями, микрокаплями металла, большими остаточными напряжениями и т.д.);

- работоспособность покрытия резко возрастает при скоростях резания более 150 м/мин, когда оно повышает сопротивляемость твердосплавной матрицы диффузионному растворению в обрабатываемом материале [4];
- нанесение износостойких покрытий способствует смещению уровня оптимальных скоростей резания в сторону их увеличения, причем, карбидотитановое покрытие способствует увеличению уровня V_0 от 1,5 до 2,1 раза, а нитридотитановое – только от 1,2 до 1,5 раз;
- покрытие способствует приближению неконкурентноспособных, по режущим свойствам, инструментальных материалов к лучшим маркам твердого сплава, так, при фрезеровании, инструмент из твердого сплава без покрытия изнашивается быстрее, чем инструмент из карбидостали, но инструмент из твердого сплава с покрытием $TiAlN$ изнашивается на порядок дольше, чем инструмент из карбидостали без покрытия.

Список литературы

1. Андреев А.А., Гаврилов А.Г., Падалко В.Г. Прогрессивные технологические процессы в инструментальном производстве. – М.: Машиностроение, 1981.–214 с.
2. Верещагин А.С., Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. - М.: Машиностроение, 1986.–192 с.
3. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента.–М.: Машиностроение, 1982.–320 с.
4. Старков В.К. Технологические методы повышения надежности обработки на станках с ЧПУ.– М.: Машиностроение, 1984.–120 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МАССЫ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕМЕННЫХ ВО ВРЕМЕНИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Павлов В.П., Кудоярова В.М.

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

Ряд стеклопластиков создает эффективную преграду для тепловых потоков и поэтому их широко применяют в качестве теплозащиты летательных аппаратов и их двигательных установок.

Объясняется это тем, что:

- стеклопластики обладают низкой теплопроводностью;
- в стеклопластиках при высоких температурах происходят физико-химические превращения с поглощением тепла;
- при термическом разложении стеклопластиков выделяются наружу продукты пиролиза, которые существенно влияют на гидродинамическое и тепловое взаимодействие обтекаемой поверхности с набегающим газовым потоком.